

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODRŽIVI RAZVOJ

LEONA PETAK

**MJERE POBOLJŠANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI U
KORIŠTENJU ELEKTRIČNE ENERGIJE OBITELJSKE KUĆE**

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2017.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODRŽIVI RAZVOJ

LEONA PETAK

**MJERE POBOLJŠANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI U
KORIŠTENJU ELEKTRIČNE ENERGIJE OBITELJSKE KUĆE**

**MEASURES OF IMPROVEMENT ENERGY RAW MATERIALS IN
THE USE OF ELECTRICITY IN FAMILY HOUSE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Marijan Horvat, dipl. ing. str., pred.

ČAKOVEC, 2017.

ZAHVALA

Iskreno zahvaljujem mentoru i predavaču Marijanu Horvatu, dipl. ing. str. na pomoći, stručnim savjetima i strpljenju za moja pitanja.

Neizmjereno sam zahvalna svojim roditeljima i dragoj baki na podršci tijekom cijelog školovanja.

Veliko hvala Anici koja je bila uz mene, a posebno Matiji, bez kojeg ne bih uspjela doći do kraja svog putovanja.

Izgleda nemoguće, dokle god se ne završi.

Nelson Mandela

SAŽETAK

Energetska učinkovitost obuhvaća brojne mogućnosti uštede toplinske i električne energije uz primjenu obnovljivih izvora energije. Proizvodnja energije u Hrvatskoj ostvaruje trend rasta zahvaljujući instaliranim kapacitetima uključujući vjetroelektrane, termoelektrane, hidroelektrane i elektrane na obnovljive izvore energije. Energetski razvoj Hrvatske odnosi se na izgradnju održivog energetskog sustava, zaštitu okoliša te sigurnosti energijske opskrbe.

Strategija energetskog razvoja Hrvatske je inicijativa za izgradnju održivog energetskog sustava. Kućanstva su najveći potrošač i korisnik energije u Hrvatskoj, koriste se energijom za grijanje, pripremu potrošne tople vode i potreba kod kojih se električna energije ne može zamijeniti drugim oblikom energije. Potrošnja električne energije za korištenje kućanskih uređaja će rasti. Veoma je bitno poticati građane na uštedu energije i korištenje iste prema načelima energetske učinkovitosti. U zemljama Europske unije kućanstva također zauzimaju visoko mjesto na ljestvici potrošača.

Za smanjenje potrošnje energije u zgradarstvu koriste se mjere povećanja energetske učinkovitosti, kako bi se povećala ugodnost boravka u prostoru te održala trajnost zgrade. Izvori svjetlosti napreduju iz dana u dan, postoje različite vrste žarulja koje troše sve manje energije, no i dalje je korištenje danjeg svjetla najučinkovitija mjera za uštedu energije. Određivanjem energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava rasvjete u zgradama dobiva se potrebna godišnja električna energija za rasvjetu zgrade. Opisane procedure u normi HRN EN 15193:2008 daju podlogu za izradu energetskih certifikata.

U okviru Završnog rada analizirat će se potrošnja električne energije obiteljske kuće u kojoj živi četveročlana obitelj, a u svrhu pronalaska mogućnosti uštede primjenom ekonomski isplativih mjera. Prikupljeni su računi za električnu energiju, praćena je potrošnja sustava rasvjete i pojedinih električnih uređaja, napravljena je struktura cijene električne energije i raspodjela potrošnje električne energije obiteljske kuće. Na temelju dobivenih rezultata predložene su mjere poboljšanja energetske učinkovitosti i napravljen je plan investicija. Za ostvarenje cilja smanjenja potrošnje električne energije izračunat je jednostavni povrat investicije.

Ključne riječi: *energija, kućanstva, analiza potrošnje, energetska učinkovitost, ušteda*

SADRŽAJ

SAŽETAK

1. UVOD.....	5
2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ	6
3. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE OBITELJSKIH KUĆA U HRVATSKOJ I ZEMLJAMA EUROPSKE UNIJE	8
4. OPIS POTROŠAČA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE OBITELJSKE KUĆE.....	11
4.1. Energetska učinkovitost sustava rasvjete.....	11
4.1.1. Fluorescentne žarulje.....	12
4.1.2. Fluokompaktne žarulje	13
4.1.3. Standardne (obične) žarulje.....	14
4.1.4. Halogene žarulje.....	14
4.1.5. LED žarulje	15
4.2. Upravljanje rasvjetom.....	16
4.3. Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava.....	17
rasvjete u zgradama	17
5. MODELIRANJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	22
5.1. Analiza potrošnje električne energije.....	22
5.2. Prijedlog promjena za uštedu električne energije	31
5.2.1. Promjena tarifnog modela za električnu energiju	31
5.2.2. Zamjena rasvjetnih tijela LED rasvjetom.....	32
6. ZAKLJUČAK.....	36
7. LITERATURA	37
PRILOZI.....	39
Popis slika	39
Popis tablica.....	39
Popis dijagrama.....	40
Popis oznaka	40

1. UVOD

Najveći potencijal za ostvarenje ušteda ima zgradarstvo, kao najveći potrošač energije. Provedba energetske pregleda u zgradama je početak smanjenja potrošnje energije, kako bi se dobili prijedlozi mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti. Pomoću njih mogu se kontrolirati troškovi i smanjiti potrošnja energije.

Većina obiteljskih kuća je izgrađena prije 1990. godine pa imaju lošu toplinsku izolaciju, što za sobom povlači veću potrošnju energije za grijanje, hlađenje i pripremu tople potrošne vode. Upravo zato se u ovome radu analizira potrošnja električne energije obiteljske kuće te se, na temelju proračuna, predlažu promjene kojima bi se postigla ušteda energije.

Mjere postizanja energetske ušteda u kućanstvima su jedna od bitnih smjernica europske, ali i nacionalne energetske politike prema Strategiji energetskog razvoja Hrvatske.

2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ

Ukupna proizvodnja primarne energije u 2014. godini povećana je za 0,1 posto u odnosu na prethodnu godinu. Najveće postotno povećanje proizvodnje ostvareno je za ostale obnovljive izvore (energija vjetra, sunčeva energija, bioplin, tekuća biogoriva i geotermalna energija) te je iznosilo 38,8 posto. Hidrološke prilike u 2014. godini bile su vrlo povoljne pa je energija iskorištenih vodnih snaga bila veća za 4,8 posto. [7] U proizvodnji električne energije ostvaren je trend porasta (Tablica 1).

Tablica 1: Proizvodnja transformiranih oblika energije [PJ]

	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.
	PJ					
Kruta goriva Solid Fuels	3,16	3,15	2,00	2,63	1,87	1,08
Tekuća goriva Liquid Fuels	199,67	175,14	144,39	146,28	137,07	116,71
Plinovita goriva Gaseous Fuels	9,92	8,02	13,10	13,61	8,14	11,80
Električna energija Electricity	48,44	53,65	40,94	38,72	50,59	48,79
Para i vrela voda Steam and Hot Water	30,72	30,30	27,68	25,85	24,63	22,77
UKUPNO TOTAL	291,91	270,26	228,12	227,09	222,30	201,15

Izvor: "Energija u Hrvatskoj 2014." (2015.), Ministarstvo gospodarstva

Instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije u Republici Hrvatskoj obuhvaćaju hidro i termoelektrane u sastavu HEP Grupe, sve veći broj vjetroelektrana i drugih elektrana na obnovljive izvore energije u privatnom vlasništvu te određeni broj industrijskih termoelektrana. Kapaciteti za proizvodnju električne energije u 2014. su proizveli ukupno 14.988,6 GWh, dok se raspoloživa snaga međusobno razlikuje (Tablica 2).

Tablica 2: Proizvodni kapaciteti za potrebe RH u sastavu HEP Grupe

Kapaciteti za proizvodnju električne energije Electricity generation capacity	Raspoloživa snaga Available power (MW)	Udio Share (%)	Proizvedena električna energija u 2014. Electricity produced in 2014 (GWh)
Hidroelektrane (HE) Hydro power plants (HPP)	2 188,5	52,0	9 067,9
Termoelektrane (TE) Thermal power plants (TPP)	1 479	35,2	1 449,7
TE Plomin d.o.o. (B) TE Plomin Ltd.	192	4,6	1 440,8
Ukupno u Republici Hrvatskoj Total in the Republic of Croatia	3 857,7	91,7	11 958,4
Nuklearna elektrana Krško (NE Krško) – 50% Nuclear power plant Krško (NPP Krško) – 50%	348	8,3	3 030,2
UKUPNO TOTAL	4 205,7	100	14 988,6

Izvor: "Energija u Hrvatskoj 2014." (2015.), Ministarstvo gospodarstva

Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije (bez velikih hidroelektrana) prikazana je u Tablici 3.

Tablica 3: Proizvodnja električne energije iz OIE u Hrvatskoj 2014. godine

Vrsta izvora Type of renewable energy source	Proizvodnja električne energije Electricity generation
Sunce Solar	35,2 GWh
Vjetar Wind	730 GWh
Biomasa Biomass	164,7 GWh
Male hidroelektrane Small hydro power plants	131,6 GWh
Geotermalna Geothermal	0
UKUPNO TOTAL	1061,5 GWh

Izvor: "Energija u Hrvatskoj 2014." (2015.), Ministarstvo gospodarstva

3. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE OBITELJSKIH KUĆA U HRVATSKOJ I ZEMLJAMA EUROPSKE UNIJE

Odluke o energetske razvoju Hrvatske odnose se na izgradnju održivog energetskeg sustava, uravnoteženi razvoj odnosa između zaštite okoliša, konkurentnosti i sigurnosti energetske opskrbe. Kako bi se opravdala svrha i ciljevi Strategije energetske razvoja Republike Hrvatske, potrebno je definirati razvoj hrvatskog energetskeg sektora do 2020. u neizvjesnim uvjetima uz domaće, oskudne energetske resurse.

Kućanstva su najveći pojedinačni potrošač i korisnik energije u Hrvatskoj. Politika energetske učinkovitosti u sektoru kućanstava temelji se na povećanju svijesti građana o mogućim uštedama i poticajima kod planiranja i izgradnje stanova te korištenju energijom u skladu s načelima energetske učinkovitosti. Koriste se energijom za grijanje, pripremu potrošne tople vode, kuhanje i potrebe kod kojih se električna energija ne može supstituirati drugim oblikom energije. Pretpostavlja se da će povećanje učinkovitosti rasvjetnih uređaja smanjiti potrošnju električne energije, kao i da će potrošnja energije za rasvjetu iznositi jedan posto godišnje, što je jednako porastu ukupnog broja kućanstava. Potrošnja električne energije za korištenje kućanskih uređaja će rasti zbog rastućeg standarda građana, dok će potrošnja energije za pripremu jela u kućanstvima padati. U Tablici 3 prikazana je potrošnja energije kroz godine kao i predviđen porast potrošnje, sve do 2030.

Tablica 4: *Temeljna projekcija potrošnje energije po sektorima i podsektorima*

PJ	2006.	2010.	2020.	porasta od 2006. do 2020. [%]	2030.	porasta od 2020. do 2030. [%]
Industrija	58,86	67,11	84,43	2,6	103,09	2,0
Promet	85,36	103,65	135,22	3,3	152,59	1,2
Opća potrošnja	123,40	139,85	189,95	3,1	245,16	2,6
Kućanstva	77,66	83,69	99,47	1,8	115,72	1,5
Usluge	28,09	34,50	57,60	5,3	81,51	3,5
Graditeljstvo	7,39	10,59	19,52	7,2	31,79	5,0
Poljoprivreda	10,27	11,07	13,37	1,9	16,13	1,9
Ukupno	267,89	310,60	409,60	3,1	500,83	2,0

Izvor: "Prilagodba i nadogradnja strategije energetske razvoja Republike Hrvatske" (2008.), Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, UNDP

Udio kućanstava 1945. godine u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj iznosio je 49 posto da bi osamdesetih godina prošlog stoljeća pao na 16 posto, a ponovno se povećao 2011. na 21 posto, dok je u neposrednoj potrošnji energije 1945. godine iznosio 55 posto, osamdesetih godina je pao ispod 24 posto, a 2011. godine iznosio je 33 posto. Posljednjih 30 godina udio kućanstava je porastao u ukupnoj i neposrednoj¹ potrošnji energije, što je dobar razlog za poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije (tablice 4, 5 i 6).

Tablica 5: *Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj [PJ]*

Energent	1945.	1950.	1960.	1970.	1980.	1990.	2000.	2010.	2011.
Ugljen i koks	25,59	41,69	70,91	46,46	34,90	34,31	18,65	28,74	29,41
Tekuća goriva	2,90	6,69	19,31	109,61	182,33	188,33	159,02	154,71	151,55
Prirodni plin	0,10	0,21	1,51	18,34	50,60	98,22	94,98	111,37	108,60
Vodne snage	2,39	8,40	14,36	44,71	64,22	37,48	57,33	79,71	42,59
Obnovljivi izvori	23,55	29,71	19,74	18,46	20,76	22,68	15,69	18,29	22,06
El. energija	23,55	29,71	19,74	18,46	20,76	22,68	15,69	18,29	22,06
UKUPNO	54,77	87,51	128,07	242,30	363,07	406,44	360,07	411,73	383,65

Izvor: "Program energetske obnove obiteljskih kuća za razdoblje od 2014. do 2020. godine" (2014.) – Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja

Tablica 6: *Neposredna potrošnja energije u Hrvatskoj [PJ]*

Energent	1945.	1950.	1960.	1970.	1980.	1990.	2000.	2010.	2011.
Ugljen i koks	21,67	34,68	60,08	39,14	22,28	21,89	3,70	6,47	6,03
Tekuća goriva	2,85	3,75	14,18	73,73	121,47	118,78	111,66	121,50	117,82
Prirodni plin	0,18	0,50	1,57	7,48	26,54	39,80	42,04	53,91	49,69
Obnovljivi izvori	23,55	29,71	19,74	18,46	20,76	22,60	15,68	16,65	19,08
El. energija	0,92	2,41	6,93	18,49	36,62	47,76	42,57	57,04	56,58
CTS			0,28	4,48	7,90	9,55	8,92	12,04	11,71
UKUPNO	49,17	71,04	102,78	161,78	235,58	260,39	224,57	267,59	260,90

Izvor: "Program energetske obnove obiteljskih kuća za razdoblje od 2014. do 2020. godine" (2014.) – Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja

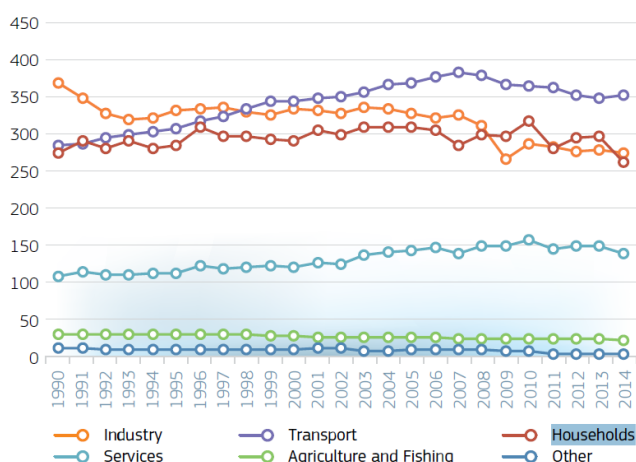
Tablica 7: *Neposredna potrošnja energije u kućanstvima [PJ]*

Energent	1945.	1950.	1960.	1970.	1980.	1990.	2000.	2010.	2011.
Ugljen i koks	4,02	5,63	11,70	8,65	4,84	4,33	0,39	0,22	0,14
Tekuća goriva	0,15	0,16	0,33	6,45	12,41	14,06	12,72	9,77	9,22
Plinovita goriva	0,04	0,14	0,48	1,74	9,40	8,56	17,08	25,04	22,87
Obnovljivi izvori	22,50	28,21	17,75	15,83	16,48	19,08	13,41	13,68	16,48
El. energija	0,15	0,30	1,41	5,23	10,47	16,07	20,62	23,94	23,48
CTS				1,45	2,54	4,09	5,41	8,20	7,86
UKUPNO	26,86	34,44	31,67	39,34	56,14	66,18	69,63	80,86	80,06

Izvor: "Program energetske obnove obiteljskih kuća za razdoblje od 2014. do 2020. godine" (2014.) – Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja

¹ dijeli se na opću potrošnju (zbroj potrošnje energije u kućanstvima, šumarstvu, poljoprivredi i graditeljstvu), potrošnju u industriji i potrošnju u prometu

Energetski sektor jedan je od stupova rasta, konkurentnosti i razvoja suvremenoga gospodarstva. Da bi se pratile promjene energetskega sektora u Europi, koriste se najnoviji, točni podaci. Uključujući službe Europske komisije (EK), međunarodnih organizacija, kao što su Europska agencija za okoliš i Međunarodna energetska agencija, provedena su istraživanja o potrošnji električne energije u kućanstvima koja se odnose na zemlje Europske unije. Izračunati pokazatelji slijede metodologiju koju je utvrdila Europska energetska direkcija Europske komisije.



Slika 1: Potrošnja električne energije obiteljskih kuća u zemljama EU-a (Mtoe)

Izvor: "EU energy in figures" (2016.) – European Commission

Potrošnja električne energije obiteljskih kuća u zemljama EU-a (Slika 3) od 1990. do 2014. nije se drastično povećavala, već se stalno kreće između 250 – 325 Mtoe². U odnosu na podjelu postotka potrošnje po sektorima (industrija, transport, djelatnost poljoprivrede i ribarstva te ostalo), udio u potrošnji električne energije kućanstava u razdoblju od 2010. do 2014. prikazan je u Tablici 7.

Tablica 8: Potrošnja električne energije obiteljskih kuća u zemljama EU-a u razdoblju od 2010. do 2014. godine [%]

2010.	2011.	2012.	2013.	2014.
26,6%	24,7%	26,2%	26,8%	24,8%

Izvor: "EU energy in figures" (2016.) – European Commission

² Million tonnes of oil equivalent
1 Mtoe = 11630 GWh

4. OPIS POTROŠAČA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE OBITELJSKE KUĆE

Energetska učinkovitost u zgradama uključuje brojna područja kao mogućnosti uštede toplinske i električne energije, uz racionalnu primjenu fosilnih goriva te primjenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gdje god je to funkcionalno izvedivo i ekonomski opravdano. Ovisi o karakteristikama zgrade, sustavima grijanja, hlađenja, električnih uređaja i rasvjete koje se u njoj koriste. Toplinska zaštita zgrada jedna je od najvažnijih tema, radi velikog potencijala energetske uštede. Naime, poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade, moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za približno 30 do 60 posto.

Mjere energetske učinkovitosti u zgradarstvu:

- energetski pregled zgrade i energetski certifikat koji pokazuje energetsko stanje pojedine zgrade ili njenog dijela,
- povećanje toplinske zaštite zgrade (postavljanje toplinske izolacije te energetski učinkovite stolarije),
- povećanje učinkovitosti sustava grijanja, hlađenja i ventilacije,
- povećanje učinkovitosti sustava rasvjete i električnih uređaja,
- korištenje obnovljivih izvora energije.

Primjenom mjera povećanja energetske učinkovitosti u zgradi se smanjuje potrošnja energije, ali i povećava ugodnost boravka u prostoru te trajnost zgrade. Odabir mjera, naravno, ovisi o energetske stanju i vrsti zgrade, načinu njenog korištenja te o lokaciji, a idealno je primijeniti više mjera kako bi se osigurao njihov sinergijski učinak čime bi i uštede u potrošnji energije bile što značajnije. [1]

U zgradarstvu se najčešće upotrebljavaju fluorescentne žarulje, fluokompaktne i obične žarulje sa žarnom niti, halogene i LED žarulje.

4.1. Energetska učinkovitost sustava rasvjete

Razvoj izvora svjetlosti je izuzetno povećan zbog korištenja novih tehnologija, optičkih sustava, materijala i brige prema okolišu. U nastavku teksta prikazane su vrste žarulja sa žarnom niti i one koje rade na principu luminiscencije (žarulje na izboj).

Njihov će potencijal za uštedu energije biti uspoređen, a također i isplativost ulaganja u modernizaciju električne rasvjete. [2]

4.1.1. Fluorescentne žarulje



Slika 2: Fluorescentne žarulje

Izvor: <http://www.gradimo.hr/clanak/fluorescentne-cijevi/25537> (Preuzeto 26.6.2017.)

Ovaj tip žarulja (Slika 4) pripada grupi niskotlačnih izvora na izboj, a generira svjetlost na principu fotoluminiscencije. Svjetlost nastaje izbojem u živinim parama visoke luminoznosti, pri čemu se stvara nevidljivo ultraljubičasto zračenje, koje se fosfornim slojem na unutrašnjoj stijenci cijevi pretvara u vidljivo svjetlo.

Upotrebom različitih fluorescentnih materija moguće je dobiti različite temperature boje, faktora uzvrata i svjetlosne iskoristivosti. Vijek trajanja može biti do 15.000 sati.

Danas se najčešće koriste cijevi promjera 26 mm (T8 – 8/8"), a cijevi nove generacije imaju promjer 16 mm (T5). Postoje i cijevi 38 mm (T12) i 7 mm (T2). [2]

Fluorescentne cijevi se ne mogu direktno spojiti na mrežni napon već im je potrebna prigušnica, a i starter kod starijih generacija. Prigušnica služi za ograničavanje struje, može biti magnetska ili elektronička. Zbog visokih gubitaka u magnetskim prigušnicama sve se više koriste elektroničke jer omogućuju regulaciju napona. Starter osigurava predgrijavanje elektroda i postiže veliki naponski impuls pomoću bimetalnog kontakta, a koristi se kod cijevi i žarulja koje koriste vanjski startni element. [4]

4.1.2. Fluokompaktne žarulje

Niskotlačne žarulje na izboj su savinute fluorescentne cijevi (Slika 5) kako bi se postigle manje ukupne dimenzije izvora svjetlosti. Karakteristike rada su iste kao kod fluorescentnih cijevi, osim što se smanjuje količina žive na pet do 10 mg u kvalitetnijim cijevima. Izboj svjetlosti se događa između elektroda u živinim parama, pri tlaku od oko 1,07 Pa. U sadržaju žarulje se također nalazi jedan od inertnih plinova (argon, neon, ksenon, kripton) koji služi za startanje. Kako bi se ograničila pogonska struja na vrijednost za koju je žarulja napravljena koristi se prigušnica koja osigurava potreban startni i pogonski napon.

U današnje vrijeme, štedne su žarulje jedan od najpopularnijih izvora svjetlosti. Služe kao zamjena za standardne žarulje snaga od 25 do 200 W zbog korištenja trokomponentnih fosfora (za kontrolu temperature boje svjetla), kompaktnih dimenzija i visoke iskoristivosti fluorescentnih cijevi.



Slika 3: Fluokompaktne žarulje

Izvor: <http://www.zelenaenergija.org/clanak/koje-su-prednosti-led-zarulja-u-usporedbi-s-uobicajenim-tipovima/242> (Preuzeto 26.6.2017.)

Njihova glavna svrha jest ušteda energije. Postotak uštede je vrlo visok, čak do 80 posto, kod žarulja s električnom prigušnicom i standardnim grlom E27 i E14 sa snagom od 3 do 70 W. Elementi uštede i razloga korištenja štednih žarulja su ušteda električne energije, ušteda na troškovima nabave zbog dužeg radnog vijeka žarulje, povećana udobnost zbog veće pouzdanosti u rasvjetni sustav, smanjenje opterećenja vodova, manja osjetljivost sustava o pogonskom naponu i uporaba ekološki prihvatljivijeg izvora svjetlosti. [2]

4.1.3. Standardne (obične) žarulje

Standardne žarulje (Slika 6) ulaze u kategoriju žarulja sa žarnom niti koje isijavaju svjetlost na principu termičkog zračenja. Svjetlost nastaje prolaskom struje kroz žarnu nit od volframa i ugrijava je na 2600 do 3000 K. Temperatura žarne niti utječe na svjetlosnu iskoristivost i vijek trajanja žarulje. Dakle, povećanjem temperature žarne niti povećava se i svjetlosna iskoristivost, a vijek trajanja se, nažalost, umanjuje. Kako bi se povećala iskoristivost i odgađalo pregaranje žarulje, stakleni balon se puni plinovima kriptonom ili ksenonom. Standardno punjenje čine plinovi argon i dušik.

A da bi se dodatno povećala iskoristivost ovog tipa žarulja, spirala od volframa se dvostruko namotava oko žarne niti. Vijek trajanja u normalnim uvjetima iznosi 1000 sati. Može se povećati snižavanjem pogonskoga napona. Primjerice, ako snizimo napon za 10 posto, svjetlosni tok se smanjuje za 30 posto, ali se radni vijek time učetverostručava. [2]



Slika 4: Žarulja sa žarnom niti

Izvor: <http://www.zelenaenergija.org/clanak/koje-su-prednosti-led-zarulja-u-usporedbi-s-uobicajenim-tipovima/242> (Preuzeto 26.6.2017.)

4.1.4. Halogene žarulje

Naziv se koristi zbog dodatka halogenida (brom, klor, flor i jod) plinskom punjenju radi sprječavanja crnjenja balona žarulje. Halogene žarulje (Slika 7) također pripadaju grupi žarulja sa žarnom niti te rade na principu termičkog zračenja pri generiranju svjetlosti. Svjetlosna iskoristivost je već povećana zbog smanjenja crnila balona, no može se i dodatno povećati korištenjem plinova ksenona i kriptona unutar

balona. Ujedno, žarna nit se može zagrijati na puno veću temperaturu, dok volfram nema toliku brzinu isparavanja.

Halogeni kružni proces je glavna karakteristika ovog tipa žarulja. Volfram isparava te se pri temperaturi manjoj od 1400 K spaja s halogenidima. Spoj se zatim bliži žarnoj niti te se ponovno pri temperaturi manjoj od 1400 K razgrađuje, a atom volframa se vraća na žarnu nit. Pri tome procesu temperatura žarne niti iznosi do 3000 K, a stakla i do 250 °C.

U odnosu na standardnu žarulju, halogene žarulje imaju višu svjetlosnu iskoristivost, dulji vijek trajanja, male dimenzije, konstantni svjetlosni tok i višu temperaturu boje. Bez obzira na ove prednosti, također su osjetljive na promjene pogonskog napona. Primjerice, povećanjem pogonskog napona od pet posto, vijek trajanja se smanjuje za 40 posto, zato što se halogeni kružni proces odvija u temperaturnim granicama. Najčešće služe kao dekorativna rasvjeta ili kao dodatni izvor svjetlosti, a sve zbog malih dimenzija. [2]



Slika 5: Halogena žarulja

Izvor: "Priručnik za energetske certificiranje zgrada" (2010.), Program Ujedinjenih naroda za razvoj - UNDP

4.1.5. LED žarulje

LED žarulje (Slika 8) imaju dulji vijek trajanja od klasičnih žarulja te, sa 70.000 sati rada, čak i znatno dulji od fluokompaktnih žarulja. Osim toga, ova vrsta žarulja je zbog svoje konstrukcije vrlo izdržljiva što se tiče mehaničkih oštećenja, ne sadrže živu te se odlikuju izrazito niskom električnom snagom od svega 2 do 10 W uz svjetlosnu iskoristivost od 140 lumena po vatu, što je u nekim slučajevima trostruko manja snaga (a samim time i potrošnja) od štednih žarulja. Početna investicija u LED žarulje značajno je viša čak i od fluokompaktnih žarulja, no uzme li se u obzir značajno dulji

vijek trajanja te niža potrošnja električne energije, visoki početni troškovi na kraju su opravdani niskim troškovima rada tijekom čitavog radnog vijeka ovih žarulja. [8]



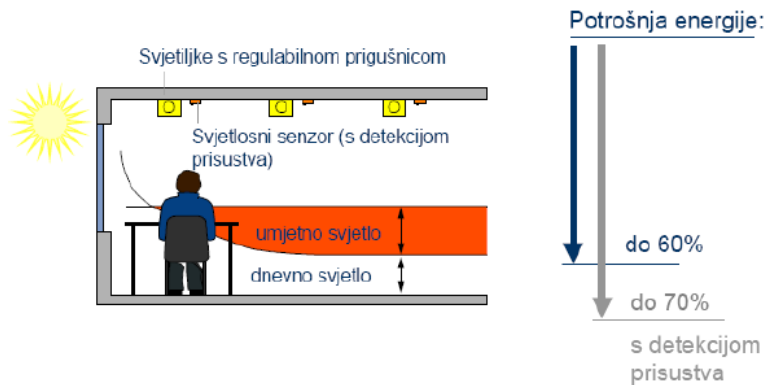
Slika 6: LED žarulja

Izvor: <http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/LED-E27-9W/led-zarulja-e27-9w-corn-4000k> (Preuzeto 26.6.2017.)

4.2. Upravljanje rasvjetom

Korištenje dnevnog svjetla je energetska najučinkovitija mjera za poboljšanje svjetlosne udobnosti boravka. Prostorije su ugodnije za boravak, energija i novac se štede na taj način, a smanjuju se emisije štetnih plinova u atmosferu. Ponekad se štednja energije shvaća u krivom pogledu, što može dovesti do oštećenja vida koji se očituje povećanim umorom i rastresenošću radnika. Umjetna rasvjeta se mora koristiti u granicama normale, propisanim standardima koji se moraju poštivati. Vrlo često pogrešku rade projektanti koji posvećuju premalo pažnje rasvjetnim tijelima s pripadajućim električnim instalacijama te pravilnom izboru i rasporedu rasvjetnih tijela. Novoizgrađeni uredski prostori u Hrvatskoj koriste sustave automatske regulacije koji su u ovisnosti o dnevnom svjetlu. Ugrađeni sustavi podešavaju rasvjetu u prostoru ovisno o korištenju dnevnog svjetla, sukladno zadanim postavkama i na taj način štede energiju. Sustav automatski održava zadanu razinu rasvijetljenosti u prostoru (Slika 6).

Sljedeća rečenica upućuje na najjednostavniji način učinkovitog gospodarenja energijom: " Isključite električne uređaje kada ih ne koristite jer i najučinkovitija žarulja bespotrebno troši električnu energiju ako nema potrebe za njenim radom. " [2]



Slika 7: Ušteda energije primjenom modernog sustava rasvjete, ovisna o dnevnom svjetlu

Izvor: "Priručnik za energetske certificiranje zgrada" (2010.), Program Ujedinjenih naroda za razvoj - UNDP

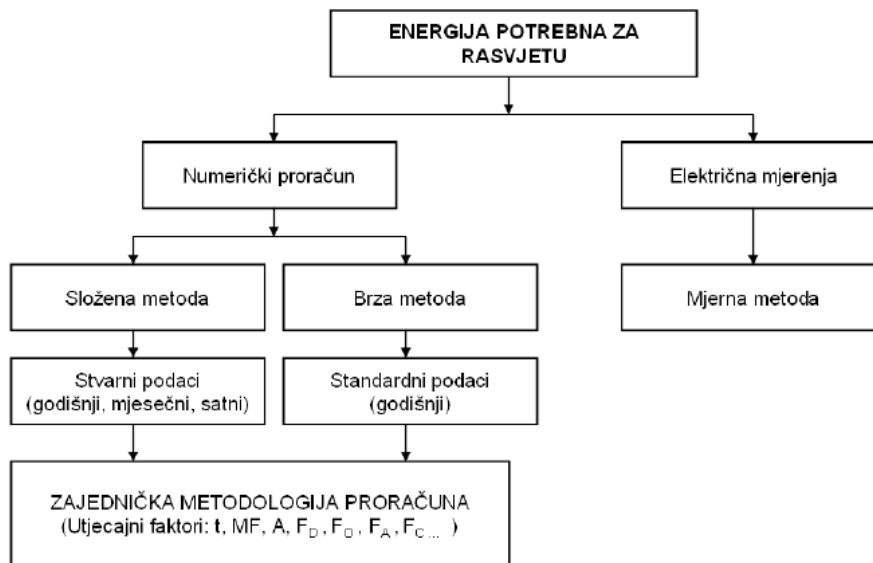
4.3. Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava rasvjete u zgradama

Algoritam se temelji na normi HRN EN 15193:2008, na koje upućuje pravilnik koji se odnosi na energetske certificiranje zgrada. Ulazni podaci se unose iz već priloženih tablica, projektne dokumentacije, podataka proizvođača, izvješća o energetskom pregledu i dr. Slijed izraza je takav da omogućuje kontinuirani izračun svake naredne veličine koristeći one prethodno izračunate. Proračunom se dobiva potrebna godišnja električna energija za rasvjetu zgrade. Količina primarne energije koju treba dovesti zgradi tijekom jedne godine za rasvjetu (1) dobiva se tako da se vrijednost godišnje električne energije potrebne za rasvjetu množi sa konverzijskim faktorom primarne energije koji za električnu energiju iznosi $f_p = 1.614$. [10]

$$E_{prim,L} = E_L \times f_p \text{ [kWh]} \quad (1)$$

Izraz podrazumijeva:

- $E_{prim,L}$ - količina primarne energije koju treba dovesti zgradi tijekom jedne godine za rasvjetu, [kWh]
- E_L - godišnja električna energija potrebna za rasvjetu [kWh]
- f_p - konverzijski faktor primarne energije



Slika 8: Dijagram toka za određivanje potrebne energije za rasvjetu

Izvor: Prebeg F., Horvat I., *Algoritam za određivanje energijskih rasvjeta i učinkovitosti sustava rasvjete u zgradama*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.

Norma HRN EN 15193:2008 daje procedure za računske i mjerne procjene energetskih zahtjeva za unutarnju rasvjetu (prikazano na Slici 10) u zgradama kao i metodologiju za proračun numeričkih indikatora rasvjete uz pretpostavku poštivanja konvencija i preporučenih projektantskih normi za postojeće zgrade uz poštivanja norme EN 12464-1 za nove instalacije rasvjete u radnim prostorima. Opisane procedure daju podloge za izradu energetskog certifikata za postojeće i projektirane zgrade. Stanje rasvjete može se klasificirati u 3 razreda: osnovno (*), dobro (**) i sveobuhvatno (**).

Složena metoda koristi stvarne podatke definirane na mjesečnoj i dnevnoj bazi. Koristi se za potrebe određivanja energetskog svojstva zgrada. Kako bi se izračunala ukupna energija potrebna za rasvjetu (2), potrebno je odrediti faktor ovisnosti o prirodnoj rasveti, faktor okupiranosti prostora, faktor konstantnosti osvijetljenosti, uzimati vrijednosti iz tablica norme i uzeti u obzir ostale ulazne jedinice. Nakon proračunatoga, slijedi [10]:

$$W_{L,t} = \sum_i \{(P_n \times F_c) \times [t_D \times F_O \times F_D] + (t_N \times F_O)\} / 1000 \text{ [kWh]} \quad (2)$$

Izraz podrazumijeva:

$W_{L,t}$ - energija potrebna za rasvjetu u određenom vremenskom periodu t , [kWh]

P_n - ukupno instalirana nazivna snaga rasvjete u prostoriji ili zoni n , [W]

F_C - faktor konstantnosti osvijetljenosti

t_D - dnevni rad rasvjete [h]

F_D - faktor ovisnosti o dnevnoj svjetlosti

t_N - noćni rad rasvjete [h]

F_O - faktor okupiranosti prostora

$$W_{P,t} = \sum_i \{ \{ P_{pc} \times [t_y - (t_D + t_N)] \} + (P_{em} \times t_e) \} / 1000 \text{ [kWh]} \quad (3)$$

Izraz podrazumijeva:

$W_{P,t}$ - energija potrebna za parazitna opterećenja [kWh]

P_{pc} - ukupno instalirano parazitno opterećenje sustava kontrole rasvjete za prostoriju ili zonu [W]

t_y - standardna godina [h]

t_D - dnevni rad rasvjete [h]

t_N - noćni rad rasvjete [h]

P_{em} - ukupno instalirano napajanje baterija sigurnosne rasvjete u prostoriji ili zoni [W]

t_e - vrijeme potrebno za punjenje baterija sigurnosne rasvjete [h]

Iz dobivenih rezultata (2) i (3) može se izračunati ukupna energija potrebna za rasvjetu u prostoriji u određenom vremenskom periodu (4) [10]:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \text{ [kWh]} \quad (4)$$

Izraz podrazumijeva:

W_t - ukupna energija potrebna za rasvjetu u prostoriji u određenom vremenskom periodu [kWh]

$W_{L,t}$ - energija potrebna za rasvjetu u određenom vremenskom periodu t [kWh]

$W_{P,t}$ - energija potrebna za parazitna opterećenja [kWh]

Brza metoda proračuna se temelji na proračunu uz pomoć standardnih godišnjih podataka (određenih koeficijenata i njihove standardne vrijednosti). Vrijednosti su definirane LENI³ indikatorom specifične godišnje potrošnje energije za rasvjetu po neto korisnoj površini (5). [10]

$$LENI = \frac{W}{A} \left[\frac{kWh}{m^2 a} \right] \quad (5)$$

Izraz podrazumijeva:

LENI - energijski numerički indikator rasvjete [kWh/m²a]

W - ukupna godišnja energija za rasvjetu [kWh/a]

A - korisna neto površina zgrade [m²]

Ukoliko potrošnja parazitnih opterećenja nije poznata, LENI indikator potrošnje (6) računa se kao:

$$LENI = \frac{\{(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_O \times F_D) + (t_N \times F_O)]\}}{1000} + \frac{\{P_{pc} \times [t_Y - (t_D + t_N)] + (P_{em} \times t_e)\}}{1000} \left[\frac{kWh}{m^2 a} \right] \quad (6)$$

Izraz podrazumijeva:

LENI - energijski numerički indikator rasvjete [kWh/m²a]

P_n - ukupno instalirana nazivna snaga rasvjete u prostoriji ili zoni *n* [W]

P_{pc} - ukupno instalirano parazitno opterećenje sustava kontrole rasvjete za prostoriju ili zonu *n* [W]

P_{em} - ukupno instalirano napajanje baterija sigurnosne rasvjete u prostoriji ili zoni [W]

F_C - faktor konstantnosti rasvijetljenosti

F_O - faktor okupiranosti prostora

F_D - faktor ovisnosti o dnevnoj svjetlosti

t_D - dnevni rad rasvjete [h]

t_N - noćni rad rasvjete [h]

t_Y - standardna godina [h]

t_e - vrijeme potrebno za punjenje baterija sigurnosne rasvjete [h]

Vrijednosti koje se uvrštavaju u formulu nalaze se u Tablici 9.

³ Lighting Energy Numeric Indicator

Tablica 9: Vrijednosti energetskih pokazatelja i standarda opremljenosti za sustave rasvjete

													Bez CTE		Sa CTE	
				P_N	t_D	t_N	F_C		F_O		F_D		LENI	LENI	LENI	LENI
	Opremljenost	P_{em} (kWh/m ² a)	P_{pc} (kWh/m ² a)	(W/m ²)	(h)	(h)	Bez CTE	Sa CTE	Manual	Auto	Manual	Auto	Granične vrijednosti		Granične vrijednosti	
													Manual	Auto	Manual	Auto
													(kWh/m ² a)		(kWh/m ² a)	
Ured	*	1	5	15	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	42,1	35,3	38,3	32,2
	**	1	5	20	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	54,6	45,5	49,6	41,4
	***	1	5	25	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	67,1	55,8	60,8	50,6
Obrazovna ustanova	*	1	5	15	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	34,9	27,0	31,9	24,8
	**	1	5	20	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	44,9	34,4	40,9	31,4
	***	1	5	25	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	54,9	41,8	49,9	38,1
Bolnica	*	1	5	15	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	70,6	55,9	63,9	50,7
	**	1	5	25	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	115,6	91,1	104,4	82,3
	***	1	5	35	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	160,6	126,3	144,9	114
Hotel	*	1	5	10	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	38,1	38,1	34,6	34,6
	**	1	5	20	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	72,1	72,1	65,1	65,1
	***	1	5	30	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	108,1	108,1	97,6	97,6
Restoran	*	1	5	10	1250	1250	1	0,9	1	1	1	x	29,6	x	27,1	x
	**	1	5	25	1250	1250	x	0,9	1	1	1	x	67,1	x	60,8	x
	***	1	5	35	1250	1250	1	0,9	1	1	1	x	92,1	x	83,3	x
Sportski objekt	*	1	5	10	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	43,7	41,7	39,7	37,9
	**	1	5	20	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	83,7	79,7	75,7	72,1
	***	1	5	30	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	123,7	117,7	111,7	106,3
Prodajni centar	*	1	5	15	3000	2000	1	0,9	1	1	1	x	78,1	x	70,6	x
	**	1	5	25	3000	2000	1	0,9	1	1	1	x	128,1	x	115,6	x
	***	1	5	35	3000	2000	1	0,9	1	1	1	x	178,1	x	160,6	x
Proizvodni pogon	*	1	5	10	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	43,7	41,2	39,7	37,5
	**	1	5	20	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	83,7	78,7	75,7	71,2
	***	1	5	30	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	123,7	116,2	111,7	105

Izvor: Prebeg F., Horvat I., Algoritam za određivanje energijskih rasvjeta i učinkovitosti sustava rasvjete u zgradama, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2017.

Gdje je:

P_N - specifična nazivna snaga rasvjete [W/m²]

CTE⁴ - sustav kontrole rasvjete konstantne rasvijetljenosti

Manual - manualna kontrola rada rasvjete

Auto - automatska kontrola rada rasvjete

⁴ Constant illuminance control system

5. MODELIRANJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

5.1. Analiza potrošnje električne energije

Na temelju prikupljenih računa i praćenjem korištenja pojedinih kućanskih aparata obiteljske kuće (koju koriste četiri člana) Leone Petak u Varaždinu, od svibnja 2016. do travnja 2017., napravljena je analiza potrošnje električne energije. Uz korištenje više dnevne tarifne stavke, potrošnja električne energije u objektu od 122,3 m² iznosila je 3698 kWh, odnosno 3454,05 kn. U Tablici 10 vidljiva je struktura cijene električne energije za određeno razdoblje. Da bi se procijenila potrošnja svakog kućanskog aparata zasebno, potrebno je imati informaciju o njihovoj snazi te potrošnji, a uz to je bitan i vremenski period njihovog korištenja. Ukoliko tehnički podaci aparata nisu bili dostupni zbog njegove starosti, približna snaga provjerena je na internetskim stranicama tvrtke Končar – kućanski aparati d.o.o. [17]

Tablica 10: Troškovi električne energije za 2016./2017. godinu

Godina 2016./2017.	05./2016.	06./2016.	07./2016.	08./2016.	09./2016.	10./2016.	11./2016.	12./2016.	01./2017.	02./2017.	03./2017.	04./2017.	UKUPNO GODIŠNJE:
Broj dana	31	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	365
Tarifni model	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	Plavi	
Električna energija RVT [kWh]	314	304	314	314	304	314	304	314	314	284	314	304	3698
Naknada za korištenje prijenosne mreže	Električna energija RVT [kn/kWh]	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	
Naknada za korištenje distribucijske mreže	Električna energija [kn/kWh]	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	
Mjerna usluga [kn/mj]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Opskrba električnom energijom	Električna energija [kn/kWh]	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	
	Opskrba [kn/mj]	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora energije [kn/kWh]	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	
PDV [13%]	33,70	32,70	33,70	33,70	32,70	33,70	32,70	33,70	33,70	30,69	33,70	32,70	397,37
Prijenos [kn]	28,26	27,36	28,26	28,26	27,36	28,26	27,36	28,26	28,26	25,56	28,26	27,36	332,82
Distribucija [kn]	69,08	66,88	69,08	69,08	66,88	69,08	66,88	69,08	69,08	62,48	69,08	66,88	813,56
Opskrba [kn]	144,44	139,84	144,44	144,44	139,84	144,44	139,84	144,44	144,44	130,64	144,44	139,84	1701,08
Naknade [kn]	17,44	17,44	17,44	17,44	17,44	17,44	17,44	17,44	17,44	17,44	17,44	17,44	209,22
UKUPNO [KN]	292,91	284,21	292,91	292,91	284,21	292,91	284,21	292,91	292,91	266,81	292,91	284,21	3454,05
Prosječna cijena [kn/kWh]	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,94	0,93	0,93	

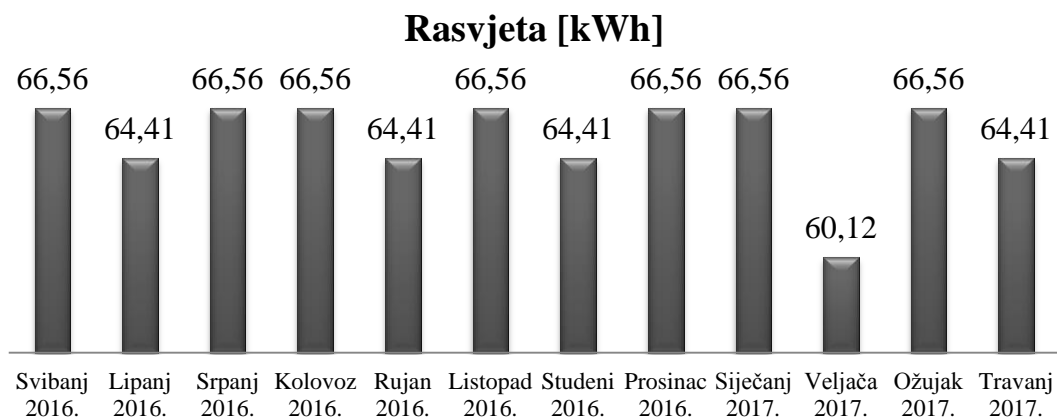
Izvor: autorska obrada

Potrošači sustava rasvjete čine žarulje sa žarnim nitima, nazivne snage od 0,08 do 0,1 kWh, što znači da je ukupna instalirana snaga 0,858 kWh. Godišnja potrošnja električne energije na rasvjetu je 783,66 kWh, odnosno 731,03 kn, što se može vidjeti u Tablici 11, dok je u dijagramskom Prikazu 1 vidljiva mjesečna potrošnja.

Tablica 11: Analiza potrošnje rasvjete

Godina 2016./2017.	Broj dana	Snaga rasvjete [kWh/dan]	Ukupno [kWh]
05./2016.	31	2,147	66,56
06./2016.	30	2,147	64,41
07./2016.	31	2,147	66,56
08./2016.	31	2,147	66,56
09./2016.	30	2,147	64,41
10./2016.	31	2,147	66,56
11./2016.	30	2,147	64,41
12./2016.	31	2,147	66,56
01./2017.	31	2,147	66,56
02./2017.	28	2,147	60,12
03./2017.	31	2,147	66,56
04./2017.	30	2,147	64,41
Ukupna godišnja potrošnja električne energije [kWh]:			783,66
Srednji godišnji trošak električne energije [KN]:			731,03

Izvor: autorska obrada



Dijagram 1: Mjesečna potrošnja električne energije na sustav rasvjete [kWh]

Izvor: autorska obrada

U Tablici 12 jasno je prikazan faktor LENI koji govori koliko se električne energije troši po kvadratu površine prostorije.

Tablica 12: *LENI [kWh/m²a]*

Prostorija	Snaga rasvjete [kWh/dan]	Broj dana u godini (365)	Površina [m ²]	LENI [kWh/m ² a]
Kuhinja	0,5	365	14,8	12,33
Dnevna soba	0,5	365	12,8	14,26
Soba 1	0,15	365	11,7	4,68
Soba 2	0,08	365	11,7	2,50
Soba 3	0,1	365	14,8	2,47
Soba 4	0,07	365	11,7	2,18
Kupaona 1	0,1	365	3,1	11,77
Kupaona 2	0,1	365	3,1	11,77
Podrum 1	0,05	365	11,6	1,57
Podrum 2	0,05	365	13,2	1,38
Podrum 3	0,05	365	5,8	3,15
Hodnik	0,4	365	8	18,25

Izvor: autorska obrada

Perilica rublja se koristi 13-15 puta mjesečno. Potrošnja po pranju iznosi 1,3 kWh te čini godišnji trošak električne energije u iznosu od 223,6 kWh, odnosno 208,58 kn, što je vidljivo u Tablici 13.

Tablica 13: *Modeliranje potrošnje perilice rublja*

MODELIRANJE POTROŠNJE PERILICE RUBLJA				
Mjesec	Broj dana	Potrošnja po pranju [kWh]	Broj pranja mjesečno	Potrošnja električne energije [kWh]
05./2016.	31	1,3	14	18,2
06./2016.	30	1,3	14	18,2
07./2016.	31	1,3	15	19,5
08./2016.	31	1,3	14	18,2
09./2016.	30	1,3	14	18,2
10./2016.	31	1,3	15	19,5
11./2016.	30	1,3	14	18,2
12./2016.	31	1,3	15	19,5
01./2017.	31	1,3	15	19,5
02./2017.	28	1,3	14	18,2
03./2017.	31	1,3	15	19,5
04./2017.	30	1,3	13	16,9
				223,6
Potrošnja električne energije u KN:				208,58

Izvor: autorska obrada

Potrošnja električne energije perilice posuđa iznosi 142,4 kWh, odnosno 132,84 kn godišnje, dok potrošnja po pranju iznosi 0,8 kWh, a koristi se svakog drugog dana, što je prikazano u Tablici 14. Za vrijeme blagdana korištenje perilice se povećava zbog okupljanja obitelji.

Tablica 14: Modeliranje potrošnje perilice posuđa

MODELIRANJE POTROŠNJE PERILICE POSUĐA				
Mjesec	Broj dana	Potrošnja po ciklusu [kWh]	Broj pranja mjesečno	Potrošnja električne energije [kWh]
05./2016.	31	0,8	14	11,2
06./2016.	30	0,8	15	12
07./2016.	31	0,8	15	12
08./2016.	31	0,8	13	10,4
09./2016.	30	0,8	15	12
10./2016.	31	0,8	16	12,8
11./2016.	30	0,8	15	12
12./2016.	31	0,8	17	13,6
01./2017.	31	0,8	15	12
02./2017.	28	0,8	14	11,2
03./2017.	31	0,8	15	12
04./2017.	30	0,8	14	11,2
				142,4
Potrošnja električne energije u KN:				132,84

Izvor: autorska obrada

Hladnjak dnevno troši 0,7 kWh, što je godišnje 255,5 kWh, odnosno iznosi 238,34 kn. U Tablici 15 je prikaz proračuna.

Tablica 15: Modeliranje potrošnje hladnjaka

MODELIRANJE POTROŠNJE HLADNJAKA				
Mjesec	Broj dana	Potrošnja po danu [kWh]	Broj korištenja mjesečno	Potrošnja električne energije [kWh]
05./2016.	31	0,7	31	21,7
06./2016.	30	0,7	30	21
07./2016.	31	0,7	31	21,7
08./2016.	31	0,7	31	21,7
09./2016.	30	0,7	30	21
10./2016.	31	0,7	31	21,7
11./2016.	30	0,7	30	21
12./2016.	31	0,7	31	21,7
01./2017.	31	0,7	31	21,7
02./2017.	28	0,7	28	19,6
03./2017.	31	0,7	31	21,7
04./2017.	30	0,7	30	21
				255,5
Potrošnja električne energije u KN:				238,34

Izvor: autorska obrada

Glačalo se koristi pet puta mjesečno po sat vremena, njegova snaga iznosi 2 kW, dok godišnja potrošnja iznosi 120 kWh, odnosno 111,94 kn. U Tablici 16 je prikazan proračun potrošnje električne energije glačala.

Tablica 16: Modeliranje potrošnje glačala

MODELIRANJE POTROŠNJE GLAČALA					
Mjesec	Broj dana	Snaga glačala [kW]	Trajanje glačanja [h]	Broj glačanja mjesečno	Potrošnja električne energije [kWh]
05./2016.	31	2	1	5	10
06./2016.	30	2	1	5	10
07./2016.	31	2	1	5	10
08./2016.	31	2	1	5	10
09./2016.	30	2	1	5	10
10./2016.	31	2	1	5	10
11./2016.	30	2	1	5	10
12./2016.	31	2	1	5	10
01./2017.	31	2	1	5	10
02./2017.	28	2	1	5	10
03./2017.	31	2	1	5	10
04./2017.	30	2	1	5	10
					120
Potrošnja električne energije u KN:					111,94

Izvor: autorska obrada

Pećnica se koristi 10-18 puta mjesečno te po pečenju troši 1,1 kWh. Godišnja potrošnja iznosi 177,10 kWh, odnosno 238,43 kn. U Tablici 17 je vidljiv proračun potrošnje.

Tablica 17: Modeliranje potrošnje električne pećnice

MODELIRANJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE PEĆNICE				
Mjesec	Broj dana	Potrošnja po pečenju [kWh]	Broj pečenja mjesečno	Potrošnja energije [kWh]
05./2016.	31	1,8	11	19,8
06./2016.	30	1,8	13	23,4
07./2016.	31	1,8	11	19,8
08./2016.	31	1,8	11	19,8
09./2016.	30	1,8	13	23,4
10./2016.	31	1,8	11	19,8
11./2016.	30	1,8	13	23,4
12./2016.	31	1,8	11	19,8
01./2017.	31	1,8	13	23,4
02./2017.	28	1,8	11	19,8
03./2017.	31	1,8	13	23,4
04./2017.	30	1,8	11	19,8
				255,6
Potrošnja električne energije u KN:				238,43

Izvor: autorska obrada

Televizor se koristi svakodnevno oko četiri sata. Pri njegovu radu potrošnja električne energije je 0,09 kWh te godišnje troši 131,40 kWh, odnosno 122,58 kn. U Tablici 18 vidljiv je proračun godišnje potrošnje.

Tablica 18: Modeliranje potrošnje televizora

MODELIRANJE POTROŠNJE TELEVIZORA				
Mjesec	Broj dana	Potrošnja pri radu [kWh]	Broj korištenja dnevno [h]	Potrošnja energije [kWh]
05./2016.	31	0,09	4	11,16
06./2016.	30	0,09	4	10,8
07./2016.	31	0,09	4	11,16
08./2016.	31	0,09	4	11,16
09./2016.	30	0,09	4	10,8
10./2016.	31	0,09	4	11,16
11./2016.	30	0,09	4	10,8
12./2016.	31	0,09	4	11,16
01./2017.	31	0,09	4	11,16
02./2017.	28	0,09	4	10,08
03./2017.	31	0,09	4	11,16
04./2017.	30	0,09	4	10,8
				131,40
Potrošnja u KN:				122,58

Izvor: autorska obrada

Električni bojler se koristi svakodnevno i najveći potrošač električne energije u ovoj obiteljskoj kući. Koristi se tri do četiri puta dnevno, dok je potrošnja vode po ciklusu 25 l. Ukoliko se koristi tri puta dnevno, potrošnja iznosi 4,05 kWh, a ukoliko se tuširaju četiri osobe, potrošnja raste na 5,40 kWh dnevno. Prosječna godišnja potrošnja je 1728,56 kWh, odnosno 1330,09 kn. Za modeliranje potrošnje bojlera koristi se izraz (7) iz Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [18].

$$Q_w = 4,182 \times V_{w,f,day} \times f \times (\theta_{w,del} - \theta_{w,0}) \times d / 3600 \text{ [kWh]} \quad (7)$$

Izraz podrazumijeva:

$V_{w,f,day}$ - dnevna potrošnja potrošne tople vode po jedinici pri temperaturi $\theta_{w,del}$
[litara/jedinici/dan]

f - broj radnih jedinica

$\theta_{w,del}$ - temperatura potrošne tople vode [°C], koja iznosi 60°C

$\theta_{w,0}$ - temperatura svježe vode [°C], koja iznosi 13,5°C

d - broj dana u promatranom periodu [-]

Tablica 19: Modeliranje potrošnje bojlera

MODELIRANJE POTROŠNJE BOJLERA						
Mjesec	Broj dana	Broj korištenja dnevno	Potrošnja vode po korištenju [l/ciklus]	Dnevna potrošnja vode [l]	Procijenjena dnevna potrošnja električne energije [kWh]	Potrošnja električne energije [kWh]
05./2016.	31	3	25	75	4,05	125,59
06./2016.	30	3	25	75	4,05	121,54
07./2016.	31	4	25	100	5,40	167,45
08./2016.	31	3	25	75	4,05	125,59
09./2016.	30	4	25	100	5,40	162,05
10./2016.	31	4	25	100	5,40	167,45
11./2016.	30	3	25	75	4,05	121,54
12./2016.	31	4	25	100	5,40	167,45
01./2017.	31	4	25	100	5,40	167,45
02./2017.	28	3	25	75	4,05	113,44
03./2017.	31	4	25	100	5,40	167,45
04./2017.	30	3	25	75	4,05	121,54
						1728,56
Potrošnja u KN:						1330,99

Izvor: autorska obrada

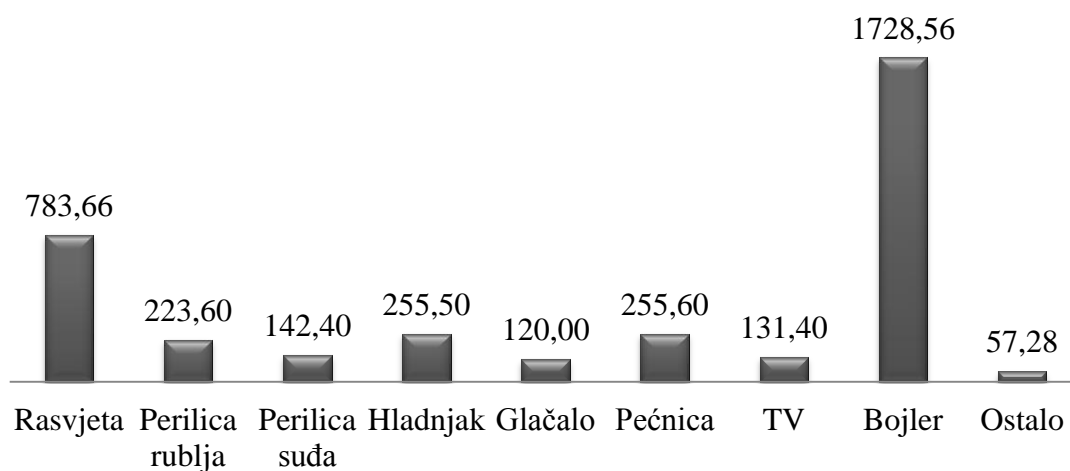
Pod ostale kućanske aparate ubrajaju se kuhalo za vodu, punjači, toster, mikser, mikrovalna pećnica, sušilo i glačalo za kosu. Njihova potrošnja drži udio od jedan posto godišnje potrošnje, što iznosi 57,28 kWh. Proračun ostalih potrošača dobiven je oduzimanjem ukupne potrošnje energije sa svim potrošačima u kući (Tablica 20).

Ukupna potrošnja električne energije obiteljske kuće u razdoblju od godine dana iznosi 3698 kWh, odnosno 3449,66 kn. Proračunatom potrošnjom električne energije obiteljske kuće može se vidjeti da je najveći potrošač u kući bojler (47 posto), dok nakon njega slijedi sustav rasvjete (21 posto), pećnica (sedam posto), hladnjak (sedam posto), perilica rublja (sedam posto), perilica posuđa (četiri posto), televizor (četiri posto), glačalo (tri posto), ostali kućanski aparati (jedan posto) godišnje, što je prikazano u dijagramima 2 i 3.

Tablica 20: Godišnja potrošnja električne energije obiteljske kuće

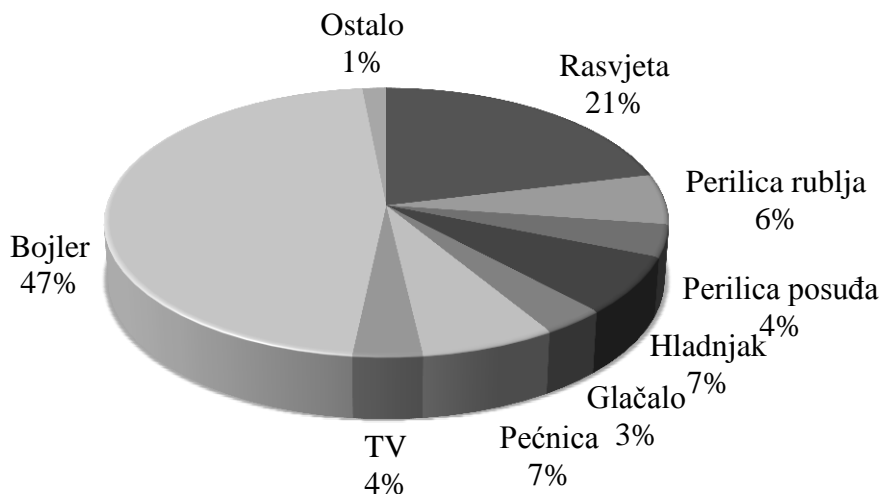
MODELIRANJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE											
Godina 2016./2017.	Broj dana	Električna energija [kWh]	Rasvjeta [kWh]	Perilica rublja [kWh]	Perilica posuda [kWh]	Hladnjak [kWh]	Glačanje [kWh]	Pećnica [kWh]	TV [kWh]	Bojler [kWh]	Ostalo [kWh]
05./2016.	31	314	66,56	18,20	11,20	21,70	10,00	19,80	11,16	125,59	29,79
06./2016.	30	304	64,41	18,20	12,00	21,00	10,00	23,40	10,80	121,54	22,65
07./2016.	31	314	66,56	19,50	12,00	21,70	10,00	19,80	11,16	167,45	-14,17
08./2016.	31	314	66,56	18,20	10,40	21,70	10,00	19,80	11,16	125,59	30,59
09./2016.	30	304	64,41	18,20	12,00	21,00	10,00	23,40	10,80	162,05	-17,86
10./2016.	31	314	66,56	19,50	12,80	21,70	10,00	19,80	11,16	167,45	-14,97
11./2016.	30	304	64,41	18,20	12,00	21,00	10,00	23,40	10,80	121,54	22,65
12./2016.	31	314	66,56	19,50	13,60	21,70	10,00	19,80	11,16	167,45	-15,77
01./2017.	31	314	66,56	19,50	12,00	21,70	10,00	23,40	11,16	167,45	-17,77
02./2017.	28	284	60,12	18,20	11,20	19,60	10,00	19,80	10,08	113,44	21,57
03./2017.	31	314	66,56	19,50	12,00	21,70	10,00	23,40	11,16	167,45	-17,77
04./2017.	30	304	64,41	16,90	11,20	21,00	10,00	19,80	10,80	121,54	28,35
		3698	783,66	223,60	142,40	255,50	120,00	255,60	131,40	1728,56	57,28
UKUPNO [KN]:		3449,66	731,03	208,58	132,84	238,34	111,94	238,43	122,58	1612,48	1,55%

Izvor: autorska obrada

Potrošnja električne energije obiteljske kuće [kWh]**Dijagram 2:** Potrošnja energije obiteljske kuće [kWh]

Izvor: autorska obrada

Potrošnja električne energije



Dijagram 3: Modelirana potrošnja električne energije obiteljske kuće [%]

Izvor: autorska obrada

5.2. Prijedlog promjena za uštedu električne energije

Na temelju prikupljenih podataka o potrošnji i troškovima električne energije, predlaže se promjena tarifnog modela i zamjena rasvjetnih tijela LED rasvjetom, kako bi se postiglo poboljšanje energetske učinkovitosti obiteljske kuće.

5.2.1. Promjena tarifnog modela za električnu energiju

Obiteljska kuća je korisnik električne energije tvrtke HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o. Potrošnja električne energije obračunava se prema istoj dnevnoj tarifi (Tarifni model Plavi⁵) te je u upotrebi jednotarifno brojilo. Za vršenje obračuna prema višoj i nižoj dnevnoj tarifi (Tarifni model Bijeli⁶), potrebno je ispuniti obrazac „Zahtjev korisnika mreže za promjenu tarifnog modela“ i zamijeniti mjerni uređaj, čiji trošak snosi kupac [19].

⁵ koriste kupci na niskom naponu koji imaju jednotarifno ili višetarifno brojilo

⁶ koriste kupci na niskom naponu koji imaju višetarifno brojilo

U Tablici 21 prikazana je usporedba Plavog i Bijelog tarifnog modela. Za potrošnju je uzeta potrošnja električne energije od svibnja 2016. do travnja 2017. godine, gdje je prikazana ušteda od 318,68 kn.

Tablica 21: Usporedba tarifnih modela

Tarifni model	Električna energija [kn]		PDV [13%]	Prijenos [kn]	Distribucija [kn]	Naknade [kn]	UKUPNO [KN]
	VT	NT					
Plavi	1701,08		397,37	332,82	813,56	209,28	3454,05
Bijeli	1195,60	301,92	360,71	331,3	736,56	209,28	3135,37
UŠTEDA [KN]:							318,68

Izvor: autorska obrada

Trošak promjene mjernog uređaja iznosi 296,25 kn, a jednostavni period povrata je 1,08 godina.

Tablica 22: Period povrata investicije

Investicija [kn]	Procijenjena ušteda [kn]	Jednostavni period povrata investicije [godina]
296,25	318,68	1,08

Izvor: autorska obrada

5.2.2. Zamjena rasvjetnih tijela LED rasvjetom

Sustav rasvjete zauzima postotak od 21 posto u potrošnji električne energije obiteljske kuće. Većina potrošača u sustavu rasvjete su žarulje sa žarnom niti, za koje je odlučeno da će se zamijeniti novom, LED rasvjetom. Obzirom na proračun trenutnog sustava rasvjete, godišnji trošak iznosi 783,66 kWh], odnosno 731,03 kn. U Tablici 23 prikazan je proračun potrošnje novog sustava rasvjete, gdje je dnevna potrošnja s LED rasvjetom 0,44 kWh.

Tablica 23: Analiza godišnje potrošnje LED rasvjete

Prostorija	Površina [m ²]	Vrsta rasvjetnog tijela	Nazivna snaga [kW]	Broj rasvjetnih tijela	Vrijeme korištenje rasvjete [h/dan]	Utrošena električna energija rasvjete [kWh]	LENI [kWh/m ² a]
Kuhinja	14,8	LED žarulja	0,0053	5	4	0,11	2,61
Dnevna	12,8	LED žarulja	0,0086	4	5	0,17	4,90
Soba 1	11,7	LED žarulja	0,0070	1	2	0,01	0,44
Soba 2	11,7	LED žarulja	0,0070	3	1	0,02	0,66
Soba 3	14,8	LED žarulja	0,0070	1	1	0,01	0,17
Soba 4	11,7	LED žarulja	0,0070	3	3	0,06	1,97
Kupaona 1	3,1	LED žarulja	0,0086	1	1	0,01	1,01
Kupaona 2	3,1	LED žarulja	0,0087	1	1	0,01	1,02
Podrum 1	11,6	LED žarulja	0,0010	1	0,5	0,00	0,02
Podrum 2	13,2	LED žarulja	0,0010	1	0,5	0,00	0,01
Podrum 3	5,8	LED žarulja	0,0010	1	0,5	0,00	0,03
Hodnik	8	LED žarulja	0,0086	2	2	0,03	1,57
Ukupna dnevna potrošnja energije [kWh]:						0,44	
Ukupna godišnja potrošnja energije [kWh]:						160,60	
Središnji godišnji trošak [KN]:						149,81	

Izvor: autorska obrada

Nadalje, ušteda električne energije s LED rasvjetom u odnosu na postojeći sustav rasvjete iznosi 623,06 kWh, odnosno 581,21 kn (Tablica 24). LED žarulje troše samo dio energije koju troše standardne žarulje, a potrošnja pada za 80 posto. To pokazuje da je izbor LED žarulja pametan i održiv izbor za uštedu energije. Isto je tako vidljivo da se smanjila potrošnja energije za rasvjetu po korisnoj površini.

Tablica 24: Godišnja ušteda električne energije u [kWh] i [kn]

Potrošnja žarulja sa žarnim nitima [kWh]	Potrošnja LED rasvjete [kWh]	Ušteda [kWh]
783,66	160,60	623,06
Potrošnja žarulja sa žarnim nitima [kn]	Potrošnja LED rasvjete [kn]	Ušteda [kn]
731,03	149,81	581,21

Izvor: autorska obrada

Za novi sustav rasvjete izabrane su žarulje iz IKEA asortimana. U Tablici 25 prikazan je izbor LED rasvjete, a trošak iste za 24 komada iznosi 821,60 kuna. [19]

Tablica 25: Trošak LED rasvjete [kn]

LED žarulja	Snaga [W]	Nominalni vijek rada [h]	Količina [kom]	Cijena [kn/kom]	Cijena [kn]
LUNNOM	1	15000	3	24,90	74,70
RYET	7	15000	8	37,90/2 kom	303,20
LEDARE	8,6	25000	8	39,90	319,20
LEDARE	5,3	25000	5	24,90	124,50
			24		821,60

Izvor: autorska obrada

Žarulje *LUNNOM* od jedan kWh i *RYET* od sedam kWh imaju vijek trajanja 15.000 sati, dok *LEDARE* od 8,6 i 5,3 kWh rade do 25.000 sati. Prema procijenjenom vijeku korištenja žarulje može se zaključiti da jedna žarulja može potrajati minimalno 13 godina u prostorijama koje svaki dan koriste rasvjetu po 4-5 sati, dok u prostorijama u kojima se rasvjeta ne koristi toliko često potraje i tri puta duže.

Tablica 26: Analiza vijeka trajanja LED žarulja

Prostorija	LED žarulja	Snaga [W]	Nominalni vijek rada [h]	Vrijeme korištenje rasvjete [h/dan]	Procijenjeni vijek korištenja žarulje [god]
Kuhinja	LEDARE	5,3	25.000	4	17,12
Dnevna soba	LEDARE	8,6	25.000	5	13,70
Soba 1	RYET	7	15.000	2	20,55
Soba 2	RYET	7	15.000	1	41,10
Soba 3	RYET	7	15.000	1	41,10
Soba 4	RYET	7	15.000	3	13,70
Kupaona 1	LEDARE	8,6	25.000	1	68,49
Kupaona 2	LEDARE	8,6	25.000	1	68,49
Podrum 1	LUNNOM	1	15.000	0,5	82,19
Podrum 2	LUNNOM	1	15.000	0,5	82,19
Podrum 3	LUNNOM	1	15.000	0,5	82,19
Hodnik	LEDARE	8,6	25.000	2	34,25

Izvor: autorska obrada

Zamjenom standardnih sa LED žaruljama, procijenjena je velika ušteda energije, dok je jednostavni period povrata 0,71 godine, što pokazuje isplativost ulaganja u novi sustav rasvjete obiteljske kuće.

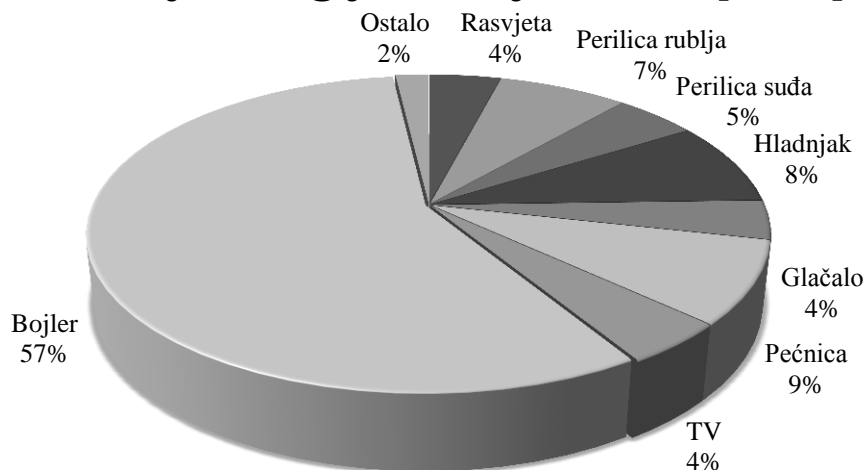
Tablica 27: Jednostavni period povrata investicije

Investicija [kn]	Procijenjena ušteda		Jednostavni period povrata investicije [godina]
	[kWh]	[kn]	
821,60	623,06	581,21	0,71

Izvor: autorska obrada

Trošak investicije iznosi ukupno 1.117,85 kuna, od čega 73 posto iznosa odlazi na LED rasvjetu. Prethodnim proračunima prikazano je koliku uštedu nosi izbor LED žarulja, dok povrat investicije ne traje dugo. Promjena tarifnog modela uključuje zamjenu brojala čiji trošak nije velik, no nosi uštedu od četiri posto. Velika je razlika između potrošnje prije i poslije provedenih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti električne energije. Ukupno utrošena električna energija u kunama bez LED žarulja sa starim tarifnim modelom iznosila je 3449,66 kn. Ulaganjem u LED rasvjetu i promjenom tarifnog modela ukupna cijena utrošene energije u kunama iznosi 2554,16 kn, što čini razliku u cijeni od 899,90 kn. Potrošnja rasvjete je pala sa 21 na četiri posto nakon provedbi mjera poboljšanja sustava rasvjete obiteljske kuće.

Potrošnja energije obiteljske kuće [kWh]



Dijagram 4: Modeliranje potrošnje električne energije nakon primjene mjera
učinkovitosti promjene sustava rasvjete

Izvor: autorska obrada

6. ZAKLJUČAK

Na globalnoj razini već su duže vrijeme prisutni problemi povećane potrošnje električne energije, rasta cijena energenata i problema zagađenja okoliša vezanih uz proizvodnju i potrošnju električne energije. Energetska učinkovitost je odnos između ostvarenog korisnog učinka i energije utrošene za ostvarenje tog učinka. Glavni cilj provođenja mjera poboljšanja energetske učinkovitosti su upotreba manje količine energije, dok se osjećaj ugone u prostoru ne smanjuje. Kako bi se postigao pozitivan učinak, potrebno je primijeniti energetske učinkovite tehnologije i obnovljive izvore energije za pokrivanje vlastite potrošnje energije.

Nakon provedene analize potrošnje električne energije, odlučeno je da će obiteljska kuća primijeniti mjere poboljšanja energetske učinkovitosti električne energije. Predložena je promjena tarifnog modela kod opskrbljivača električnom energijom i zamjena sustava rasvjete.

Obiteljska kuća je korisnik HEP-ovog Tarifnog modela Plavi te se bilo potrebno prebaciti na Tarifni model Bijeli da bi se smanjili godišnji troškovi električne energije za 318,68 kuna. Kućanstvo ima dovoljno prostora za implementaciju mjera poboljšanja energetske učinkovitosti, no uz promjenu tarifnog modela zadržalo se još na promjeni sustava rasvjete. Nova rasvjeta uključuje LED žarulje koje mogu biti u upotrebi čak 13 godina uz svakodnevno korištenje, dok u prostorijama s manjim korištenjem rasvjete mogu trajati tri puta više. Trošak promjene sustava rasvjete iznosi 581,21 kunu.

Primjenom mjera poboljšanja energetske učinkovitosti godišnji troškovi električne energije obiteljske kuće pali su za 899,90 kuna. Kada bi se u obiteljskoj kući provele sve radnje potrebne za poboljšanje energetske učinkovitosti, troškovi električne energije bi se još znatnije smanjili. Ova analiza potrošnje električne energije pokazuje da je ulaganje u nove tehnologije i sustave rasvjete zaista isplativ postupak.

Energetska učinkovitost je dugogodišnji proces kojim se nude nove prilike za uštedu energije i zasigurno će napredovati i implementirati tehnologije i sustave za poboljšanje mjera energetske učinkovitosti. Učinkovita uporaba energije ne narušava uvjete rada i života. Može se reći da je energetska učinkovitost stvar svijesti ljudi i njihove volje za promjenom starih navika prema energetske učinkovitijim rješenjima.

7. LITERATURA

- [1] Energetska učinkovitost u zgradarstvu
http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/
- [2] "Priručnik za energetske certificiranje zgrada" (2010.), Program Ujedinjenih naroda za razvoj - UNDP
- [3] "Priručnik za energetske certificiranje zgrada dio 2" (2012.), Program Ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP
- [4] Fluorescentne cijevi (07.11.2008.)
<http://www.gradimo.hr/clanak/fluorescentne-cijevi/25537>
- [5] Leo Jerkić, Koliko Hrvatska proizvodi električne energije iz pojedinog izvora energije? (30.6.2014.)
<http://www.obnovljivi.com/aktualno/2908-koliko-hrvatska-proizvodi-elektricne-energije-iz-pojedinog-izvora-energije>
- [6] "Prilagodba i nadogradnja strategije energetskog razvoja Republike hrvatske" (2008.), Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, Program Ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP
<http://www.mingo.hr/userdocsimages/Zelena%20knjiga%20Energetika.pdf>
- [7] "Energija u Hrvatskoj 2014." (2015.), Ministarstvo gospodarstva
- [8] "Energy statistical pocketbook", European Commission
<https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/energy-statistical-pocketbook>
- [9] Koje su prednosti LED žarulja u usporedbi s uobičajenim tipovima? (15.09.2012.), Zelena energija
<http://www.zelenaenergija.org/clanak/koje-su-prednosti-led-zarulja-u-usporedbi-s-uobicajenim-tipovima/242>
- [10] Prebeg F., Horvat I., Algoritam za određivanje energijskih rasvjeta i učinkovitosti sustava rasvjete u zgradama, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.
- [11] "Program energetske obnove obiteljskih kuća za razdoblje od 2014. do 2020. godine" (2014.) – Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja
- [12] "EU energy in figures" (2012.) – European Commission
- [13] "EU energy in figures" (2013.) – European Commission

- [14] "EU energy in figures" (2014.) – European Commission
- [15] "EU energy in figures" (2015.) – European Commission
- [16] "EU energy in figures" (2016.) – European Commission
- [17] KONČAR – kućanski aparati d.o.o.
www.koncar-ka.hr/hr/proizvodi/
- [18] "Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama" (2015.) – Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja
- [19] HEP – operater distribucijskog sustava d.o.o.
www.hep.hr
- [20] IKEA
www.ikea.com/hr/hr/catalog/categories/departments/living_room/20515/

PRILOZI**Popis slika**

Slika 1: <i>Potrošnja električne energije obiteljskih kuća u zemljama EU-a (Mtoe)</i>	10
Slika 2: <i>Fluorescentne žarulje</i>	12
Slika 3: <i>Fluokompaktne žarulje</i>	13
Slika 4: <i>Žarulja sa žarnom niti</i>	14
Slika 5: <i>Halogena žarulja</i>	15
Slika 6: <i>LED žarulja</i>	16
Slika 7: <i>Ušteda energije primjenom modernog sustava rasvjete, ovisna o dnevnom svjetlu</i>	17
Slika 8: <i>Dijagram toka za određivanje potrebne energije za rasvjetu</i>	18

Popis tablica

Tablica 1: <i>Proizvodnja transformiranih oblika energije [PJ]</i>	6
Tablica 2: <i>Proizvodni kapaciteti za potrebe RH u sastavu HEP Grupe</i>	7
Tablica 3: <i>Proizvodnja električne energije iz OIE u Hrvatskoj 2014. godine</i>	7
Tablica 4: <i>Temeljna projekcija potrošnje energije po sektorima i podsektorima</i>	8
Tablica 5: <i>Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj [PJ]</i>	9
Tablica 6: <i>Neposredna potrošnja energije u Hrvatskoj [PJ]</i>	9
Tablica 7: <i>Neposredna potrošnja energije u kućanstvima [PJ]</i>	9
Tablica 8: <i>Potrošnja električne energije obiteljskih kuća u zemljama EU-a u razdoblju od 2010. do 2014. godine [%]</i>	10
Tablica 9: <i>Vrijednosti energetskih pokazatelja i standarda opremljenosti za sustave rasvjete</i>	21
Tablica 10: <i>Troškovi električne energije za 2016./2017. godinu</i>	23
Tablica 11: <i>Analiza potrošnje rasvjete</i>	24
Tablica 12: <i>LENI [kWh/m²a]</i>	25
Tablica 13: <i>Modeliranje potrošnje perilice rublja</i>	25
Tablica 14: <i>Modeliranje potrošnje perilice posuđa</i>	26
Tablica 15: <i>Modeliranje potrošnje hladnjaka</i>	26

Tablica 16: Modeliranje potrošnje glačala	27
Tablica 17: Modeliranje potrošnje električne pećnice	27
Tablica 18: Modeliranje potrošnje televizora	28
Tablica 19: Modeliranje potrošnje bojlera.....	29
Tablica 20: Godišnja potrošnja električne energije obiteljske kuće.....	30
Tablica 21: Usporedba tarifnih modela	32
Tablica 22: Period povrata investicije.....	32
Tablica 23: Analiza godišnje potrošnje LED rasvjete	33
Tablica 24: Godišnja ušteda električne energije u [kWh] i [kn]	33
Tablica 25: Trošak LED rasvjete [kn]	34
Tablica 26: Analiza vijeka trajanja LED žarulja	34
Tablica 27: Jednostavni period povrata investicije	35

Popis dijagrama

Dijagram 1: Mjesečna potrošnja električne energije na sustav rasvjete [kWh]	24
Dijagram 2: Potrošnja energije obiteljske kuće [kWh]	30
Dijagram 3: Modelirana potrošnja električne energije obiteljske kuće [%]	31
Dijagram 4: Modeliranje potrošnje električne energije nakon primjene mjera učinkovitosti promjene sustava rasvjete	35

Popis oznaka

Oznaka	Jedinica	Opis
$E_{\text{prim,L}}$	kWh	količina primarne energije koju treba dovesti zgradi tijekom jedne godine za rasvjetu
E_L	kWh	godišnja električna energija potrebna za rasvjetu
f_P		konverzijski faktor primarne energije
W	kWh/a	ukupna godišnja energija potrebna za rasvjetu
W_t	kWh	ukupna energija potrebna za rasvjetu u prostoriji u određenom vremenskom periodu

$W_{L,t}$	kWh	energija potrebna za rasvjetu u određenom vremenskom periodu t
$W_{P,t}$	kWh	energija potrebna za parazitna opterećenja
F_C	-	faktor konstantnosti osvjetljenosti
F_D	-	faktor ovisnosti o dnevnoj svjetlosti
F_O	-	faktor okupiranosti prostora
P_n	W	ukupno instalirana nazivna snaga rasvjete u prostoriji ili zoni n
P_{pc}	W	ukupno instalirano parazitno opterećenje sustava kontrole rasvjete za prostoriju ili zonu
P_{em}	W	ukupno instalirano napajanje baterija sigurnosne rasvjete u prostoriji ili zoni
t_D	h	dnevni rad rasvjete
t_N	h	noćni rad rasvjete
t_e	h	vrijeme potrebno za punjenje baterija sigurnosne rasvjete
t_y	h	standardna godina
LENI	kWh/m ²	energijski numerički indikator rasvjete
A	m ²	ukupna neto korisna površina
$V_{W,f,day}$	l/dnevno	dnevna potrošnja potrošne tople vode po jedinici pri temperaturi $\theta_{W,del}$
f	-	broj radnih jedinica
$\theta_{W,del}$	°C	temperatura potrošne tople vode, koja iznosi 60°C
$\theta_{W,0}$	°C	temperatura svježje vode, koja iznosi 13,5°C
d	-	broj dana u promatranom periodu